


**MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING DEVICE USING THE SAME**

**Patent number:** JP2002092841  
**Publication date:** 2002-03-29  
**Inventor:** ONO REI; KATAYAMA SHINYA  
**Applicant:** MITSUBISHI CHEMICALS CORP  
**Classification:**  
- **international:** G11B5/66; G11B5/673; H01F10/00; H01F10/16; H01F10/30; H01F10/32  
- **european:**  
**Application number:** JP20000277466 20000913  
**Priority number(s):**

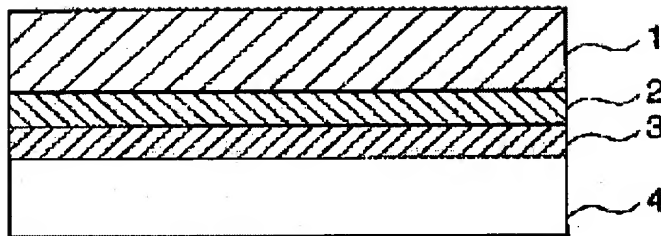
Also published as:

 JP2002092841 (A)

**Abstract of JP2002092841**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic recording medium excellent in thermal stability of magnetic recording even when the magnetic recording medium has a magnetic recording layer of thinner thickness and finer magnetic particles in order to attain high recording density and to provide a magnetic recording device using this magnetic recording medium.

**SOLUTION:** The magnetic recording medium is constituted by forming at least a magnetic recording layer 1 on a substrate and has at least a set of a paramagnetic layer 2 and a ferromagnetic layer 3 between the substrate 4 and the magnetic recording layer and one of paramagnetic layers is in contact with the magnetic recording layer. Further the magnetic recording device using this magnetic recording medium is provided.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-92841

(P2002-92841A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/673		5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/00	H 0 1 F	
	10/16		
	10/30		

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-277466 (P2000-277466)

(22) 出願日 平成12年9月13日 (2000.9.13)

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 大野 玲

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(72) 発明者 片山 慎也

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(74) 代理人 100103997

弁理士 長谷川 暁司

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB07 BB08 FA09

5E049 AA04 AA09 AC00 AC05 BA06

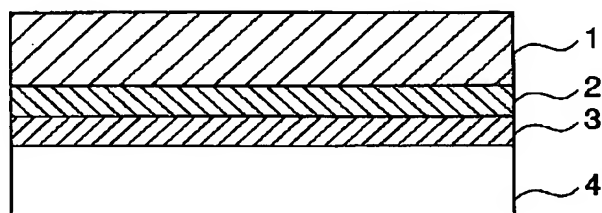
CB02 DB04 DB12 DB20

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及びそれを用いた磁気記録装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 磁気記録媒体において、高記録密度を達成するために、磁気記録層膜厚がより薄膜化され、磁性粒子が微細化されたものであっても、磁気記録の熱的安定性に優れた磁気記録媒体およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 基板上に少なくとも磁気記録層1を形成してなる磁気記録媒体であって、基板4と磁気記録層の間に、少なくとも1組の常磁性層2と強磁性層3とを有し、常磁性層の1つは磁気記録層に接している磁気記録媒体およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録装置。



、【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に少なくとも磁気記録層を形成してなる磁気記録媒体であって、基板と磁気記録層との間に、少なくとも1組の常磁性層と強磁性層とを有し、常磁性層の1つは磁気記録層に接していることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 常磁性層と強磁性層とが複数、交互に積層されている請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 磁気記録層と該磁気記録層に最近接の強磁性層との間、および最近接の強磁性層の相互間に、磁氣的な反平行結合が働いている請求項1又は2に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 磁気記録層がCoを主成分とする膜からなり、常磁性層がRu、Ir、Rhから選ばれる少なくとも1つの元素を主成分とする膜からなり、強磁性層がCoを主成分とする膜からなる請求項1乃至3に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 常磁性層の膜厚が2nm以下である請求項1乃至4に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 強磁性層の膜厚が15nm以下である請求項1乃至5に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 強磁性層の膜厚が3nm以下である請求項1乃至6に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 常磁性層と強磁性層の合計が6層以上である請求項1乃至7に記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 常磁性層と強磁性層の合計が20層以上である請求項1乃至8に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 磁気記録層、強磁性層及び常磁性層を同一真空チャンパー内で成膜することを特徴とする請求項1乃至9に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 磁気記録層の膜厚が15nm以下である請求項1乃至10に記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 磁気記録媒体と、少なくとも磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの記録信号入力と磁気ヘッドからの再生信号出力を行うための記録再生信号手段を有する磁気記録装置であって、磁気記録媒体が請求項1乃至11のいずれかに記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置に存する。特に、高保磁力で、且つS/N比等の電磁変換特性や磁気記録層の熱的安定性に優れた、高記録密度磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置に存する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置、フロッピー（登録商標）ディスク装置、磁気テープ装置等の磁気記

録装置の適用範囲は著しく増大され、その重要性が増すと共に、これらの装置や、これに用いられる磁気記録媒体について、高記録密度への対応が図られてきた。例えば磁気記録媒体の高記録密度化に伴い、記録、再生ヘッドとしてMRヘッドやGMRヘッドの使用やデジタル信号エラー修正技術としてPRML技術の導入以来、記録密度の増加はさらに激しさを増し、近年では1年に100%ものペースで増加を続けている。

【0003】このように、磁気記録媒体については今後更に高記録密度化を達成することが要求されており、そのために磁気記録層の高保磁力化と高信号対雑音比（S/N比）、高分解能を達成することが要求されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】さらに、近年では、高記録密度を達成するために磁気記録媒体全体の、特に磁気記録層膜厚がより薄膜化の傾向にあり、これに伴い磁気記録された磁化が微細化された磁性粒子の熱的攪乱によって弱められるという現象が問題となりつつあり、磁気記録の熱的安定性が大きな技術的課題となっている。とりわけ、S/N比を改善しようとするこの熱的安定性が低下する場合が多く、この二つの性能を両立させることが開発の目標となっている。これは、一般的にS/N比に優れた磁気記録媒体では、磁気記録層を構成する磁性粒子の結晶粒子サイズが微細であり、これが磁気記録媒体のノイズ低減に有効である反面、磁気記録の熱的安定性の観点からは不安定な状態となりやすいためである。

【0005】このような記録磁化の熱的安定性の悪い磁気記録層にデータ等の信号を記録した場合、記録磁化が熱的攪乱で消磁されたり、磁化反転が起こったりして、記録した信号が消失する可能性が大きくなる。更に、データ等の信号を長期間保存しようとするときは、この信号消失の問題はより深刻となり、磁気記録媒体としての信頼性に欠けるものとなることがある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は基板と磁気記録層の間に少なくとも1組の常磁性層と強磁性層を設け、常磁性層の1つが磁気記録層に接していることによって、磁気記録層が微細化された磁性粒子を含むものであっても磁気記録媒体におけるS/N比等の電磁変換特性を損なうことなく、磁気記録の熱的安定性を向上させることを見出し、本発明を完成させた。すなわち本発明の要旨は、基板上に少なくとも磁気記録層を形成してなる磁気記録媒体であって、基板と磁気記録層との間に少なくとも1組の常磁性層と強磁性層とを有し、常磁性層の1つは磁気記録層に接していることを特徴とする磁気記録媒体、およびこれを用いた磁気記録装置に存する。

【0007】本発明によって、優れた高記録密度磁気記録媒体を提供することが可能となる。

【0008】

、【発明の実施の形態】本発明では、磁気記録層に隣接して常磁性体層を形成し、さらにこの常磁性層に接して強磁性層が交互に形成され、少なくともこの常磁性層と強磁性層を1組以上設けた層構造を持つものである。図1に常磁性層と強磁性層を1組設けた場合の本発明の層構成の例を示す。

【0009】このような層構成とすることにより、磁気記録層に記録された磁化は安定化され、熱擾乱や外部磁場等による消磁、磁化反転が起こりにくくなり、信号がより安定に記録されることとなる。常磁性層と強磁性層は複数、交互に積層されていることがより好ましい。図2に常磁性層と強磁性層を交互に3組設けた場合の層構成の例を示す。

【0010】磁気記録層と該磁気記録層に最近接の強磁性層との間、および最近接の強磁性層の相互間に磁気的な反平行結合が働いていることが好ましい。この磁気的な反平行結合により、磁気記録層の磁化はより安定化される。磁気記録層の磁化の熱揺らぎを改善するための本発明に類似する技術としては、例えば特開平11-296832号公報に記載された発明があり、これは磁気記録層に接した状態で反強磁性層を用い、磁気記録層と反強磁性層間に磁気的な相互作用を働かせることによって、磁気記録層の記録磁化を安定化させるものである。これは、磁気記録層に接した状態で反強磁性体を用いることにより、全体の磁気モーメント量の増加を抑制しながら熱揺らぎに抗する実効的な体積を増加させ、再生信号の熱揺らぎを抑制するというものである。これに対して本発明では、常磁性層を挟む2つの強磁性層間に反平行の相互作用を働かせることで、実効的な磁気モーメント量を減少させ、かつ熱揺らぎに抗する実効的な体積を減少させずに維持する、言い換えれば、同一記録信号出力の状態の場合、熱揺らぎに抗する実効的な体積が増加した媒体が得られる、というものである。

【0011】ここで、上記公知文献に記載の反強磁性体を磁気記録層に接することを用いる技術の場合、反強磁性体と磁気記録層の間の磁気的な相互作用が、記録磁化を安定化させる方向に必ずしも働かない場合がある。また、一般的に反強磁性体の中で、その結晶構造上、通常磁気記録媒体に用いられる他の層、すなわち磁気記録層、下地層、中間層等の層と望ましい状態でエピタキシャル成長するものが少なく、このことは、実際の磁気記録媒体において反強磁性体を用いた結合で良好な特性を示す媒体を作製する際に問題となる。従って、反強磁性体を磁気記録層に直接接触させ、反強磁性層と磁気記録層の間に働く磁気的な交換相互作用によって、磁気記録層の磁化を安定化させようとする場合、その効果が十分でないことが多い。

【0012】これに対して本発明では、磁気記録層、常磁性層および強磁性層の各層間に作用する磁気的な相互作用は、常に磁気記録層に記録された記録磁化を安定化

するように作用するので、本発明の効果である信号が安定に記録された、優れた高密度磁気記録媒体を実現するのにより有効である。本発明に係る媒体においては、互いに最近接の磁気記録層と強磁性層および最近接の強磁性層同士の磁気モーメントの間には反強磁性的結合（つまり磁気的な反平行結合）が働いているが、このことは、以下のような方法で確認することができる。以下、最も単純な層構成である、磁気記録層と強磁性層が各々一層、常磁性層を挟んでいる場合について説明する。ここで、磁気記録層はもう一方の強磁性層に比べ十分大きな磁化反転エネルギーを持つものとする。この場合、磁化反転するのは磁気記録層では無い方、つまりもう一方の強磁性層の方である。

【0013】まず、振動型磁気力計（VSM）等を用い、媒体サンプルの面内方向に十分な磁場を印加することで磁気的に飽和させ、その後印加磁場を減少させる（磁場掃引）。図3に示したように、磁化反転層のヒステリシスループは、磁気的な反平行結合が生ずることにより $H_{ox}$ だけ横軸方向（ $H_A$ 方向）にずれる。この後、磁化反転層のヒステリシスループが完全に磁化反転する位置まで（具体的には、 $H_{ox} - |$ 磁化反転層の飽和磁場|程度）外部磁場をさらに負の方向に掃引し、その後外部磁場を今度は正の方向に掃引させる。これにより反転層のヒステリシスが得られ、その中心の位置（磁場）が $H_{ox}$ に対応することになる。このときに $H_{ox} > 0$ であれば、磁気的な反平行結合が働いていることを意味する。また、上述した方法とは別に、磁気的な反平行結合を直接的に見る方法としては、スピンスピンSEM法、中性子散乱法などが挙げられる。

【0014】本発明の効果である安定な記録特性を持つ磁気記録媒体を実現するためには、磁気記録層としてはCoを主成分とする組成とするのが好ましい。例えばCoやCoNi、CoSm、CoCrTa、CoNiCr、CoCrPtなどや、これらのCo合金に更にNi、Cr、Pt、Ta、W、Bなどの元素やSiO<sub>2</sub>等の化合物を加えたもの、例えばCoCrPtTa、CoCrPtB、CoNiPt、CoNiPtB等の、Coを主成分とする合金磁性層材料を使用できる。Co合金を磁気記録層に用いる際には、特に硼素（B）を含有させることによって、磁気記録層における結晶粒子が微細化し、S/N比が良好であり、本発明への適用には好ましい。Bの含有量は1～10原子%が好ましい。磁気記録層の膜厚は製造する磁気記録媒体により適宜選択すればよいが、一般に厚すぎると電磁変換特性の低下がみられることがあるので40nm以下が好ましい。本発明の特徴である、磁気記録層に隣接した常磁性層と強磁性層を交互に積層した積層部の反強磁性交換結合により、磁気記録層の磁化の熱的安定性を向上させる効果がより現れるのは、磁気記録層の膜厚を15nm以下にした場合である。磁気記録層を薄くすると、分解能が良くなり、

ノイズも減少する傾向にあるが、あまり薄くしすぎると、出力が小さくなり、電磁変換特性がかえって劣化する場合がある。好ましくは、5 nm以上である。

【0015】常磁性層としてRu、Ir、Phから選ばれた少なくとも1つの元素を主成分とする組成を用いるのが好ましい。また、本来反強磁性体となるべき物質であっても、10～20 Å程度の薄膜状態においては、常磁性に非常に近い性質を示すものがあり、これらを用いることもできる。この例としてCrを挙げることができる。また、前記常磁性層は、単体のみならず、化合物であってもよい。強磁性層間の結合力の起源になっているのが、遍歴電子を介した相互作用であるので、特に、化合物になることによって常磁性体中のキャリア（電子正孔）濃度が増加する（ドーピングされる）ものが好ましい。

【0016】前記強磁性層としては、Coを主成分とする組成を用いるのが好ましく、磁気記録層で使用される組成を用いることができる。なかでも、強磁性層の組成として、磁気記録層と同一の組成を用いた場合、本発明の効果が高い場合がある。また、強磁性層として軟磁性体を用いることもでき、例えばFe<sub>3</sub>AlやFeSi等が好適に用いられる。

【0017】常磁性層を挟んで、磁気記録層と最近接の強磁性層の間、および常磁性層を挟んで最近接の強磁性層間に、十分な強度の磁気的な反平行結合が発現するためには、常磁性層の膜厚を2 nm以下にするのが好ましい。また、常磁性層の膜厚が薄すぎる場合、十分な強度の磁気的な反平行結合が得られない場合があるので、膜厚は0.2 μm以上とするのが好ましい。これは、例えば以下のような理由によって説明することができる。

【0018】強磁性層中の局在磁気モーメントと常磁性層中の遍歴電子の間にはs-d相互作用と呼ばれる反平行的な相互作用が働いている。このs-d相互作用は非常に局所的であるが、この相互作用が摂動として取り込まれることにより、常磁性層全体にわたる遍歴電子系のスピン分布が変化をうける。具体的には、一つの局在モーメントからの距離に従い振動減衰するようなスピン分布が導かれる（図4）。ここで、相互作用の向き、すなわち強磁性層間に平行結合の相互作用が働くか、反平行結合の相互作用が働くか、またその相互作用の強度がどの程度であるかは、このスピン分布によって決定される。例えば、ある基準となる局在モーメントの向きのスピン濃度が高い位置に他の局在モーメントが存在した場合、それらの局在モーメント間には反平行結合の相互作用が働く。すなわち、遍歴電子を介した二つのs-d相互作用を通して局在モーメント間に反平行結合が生ずる。図4中の5で示す反平行結合の第一ピークを実現さ

$$K_u \cdot V \cdot \sin^2(\theta - \theta_0) + J \cdot S \cdot \cos(\theta - \theta_0) - H_a \cdot M_s \cdot V \cdot \cos(\theta - \theta_0) \quad \dots \quad (式1)$$

となる。 $K_u \cdot V \cdot \sin^2(\theta - \theta_0)$ は一軸異方性エネルギー、 $J \cdot S \cdot \cos(\theta - \theta_0)$ は磁気的な反平

せることが望ましい。ここで、スピン分布の振動周期は、遍歴電子のフェルミ波数によっておおよそ決まる。第一ピークの位置は、より詳細な条件（例えば、電子構造の対称性、バンド間の混成の仕方等）の考慮によって若干の修正を受けるが、多くの物質の場合2 nm以下の範囲に入る。

【0019】また、特に常磁性層の材料がRuである場合には、好ましい層厚の範囲は0.5 nmから1 nmとなる。強磁性層の膜厚は15 nm以下であることが好ましく、より好ましくは3 nm以下である。常磁性層-強磁性層積層部の強磁性層の厚さが厚すぎると、磁化反転部の体積が増加することになり、磁化反転に要するエネルギーが増加し、その結果、磁化反転が起こりにくくなることがある。この理由は以下のように説明することができる。一般に、強磁性体中の磁気モーメントと遍歴電子間の相互作用が一定である場合は、層間の一定表面積あたりに一定の力が働く。すなわち、層間結合は表面エネルギーの形で作用する。これは、磁気的な反平行結合の起源となっている磁気モーメント同士は、磁気的な反平行結合を生ずる距離だけ隔てられた常磁性層を挟む磁気モーメント同士、すなわち、前述の反平行結合を与える第一ピークだけ隔てられた磁気モーメント同士のみに働いているからである。このことは、常磁性層の厚さを適切に選択した場合、表面付近の磁気モーメントのみに磁気的な反平行結合が作用することを意味する。より厳密には、第一ピークの距離以外に位置する磁気モーメント間にもある程度の相互作用が働いていることになるが、それらの寄与は第一ピークの距離で隔てられた磁気モーメント間の相互作用に比べて小さい。そのため、相互作用を考慮する際には、一般には層厚が変化しても、層同士が受ける相互作用の強さの合計は不変であると考えてもよい。具体的には、この表面エネルギーは、磁気的な反平行結合的な相互作用の働いている二層の磁気モーメントがなす角度を $\theta$ としたときに、一定面積あたり $J \cos \theta$ なるエネルギー（Jは定数である）を持つことになる。ここで、単純な強磁性層が二層存在し、間に第一ピークをとるべく適切な膜厚が選択された常磁性層が存在する場合を考える。仮に上層は十分大きな異方性を持ち磁化反転は起こらず、磁化反転するのは下層であるとする。また、簡単のため、一定で不変な上層の磁化方向（上層の磁化容易軸方向）と磁場印加方向を一致させる。磁場を印加する方向を正とすると、この系のエネルギーは、

【0020】

【数1】

行結合に由来したエネルギーである。ここで、 $\theta_0$ は下層の磁化容易軸と磁場印加方向とのなす角度、Sは界面

の面積、 $V$ は下層の体積、 $H_a$ は外部印加磁場の強さ、 $M_s$ は下層の自発磁化の大きさである。ここに、 $H_{ex} \equiv J / (M_s \cdot t)$  なる量 ( $t \equiv$  下層の厚さ) を導入する

$$K_u \cdot V \cdot \sin^2 (\theta - \theta_0) + (H_a - H_{ex}) \cdot M_s \cdot V \cdot \cos (\theta - \theta_0) \quad \dots \dots (式2)$$

これは、外部印加磁場が  $H_a - H_{ex}$  であり、磁化容易軸が印加磁場から  $\theta_0$  だけ傾いている磁気モーメントが持つエネルギーと同一のものとなる。そのため、この状態で下層が示すヒステリシスは、下層単体が示すヒステリシスを、 $H_{ex} \equiv J / (M_s \cdot t)$  だけ  $H_a$  方向にシフトさせたものとなる。具体的なヒステリシスは式2を  $\theta$  で微分したものを0とし、ある  $H$  に対する安定な方向を求めるという操作によって求めることができる。このことから、一般に、磁気的な反平行結合の生じた媒体のヒステリシスを測定した場合、磁化反転層のヒステリシスは、その中心が  $H_{ex}$  だけ  $H_a$  方向にずれたものとなる。そのとき、上述したように  $H_{ex}$  は、 $J$  および  $M_s$  が一定である場合は、 $t$  に反比例した量となる。すなわち、下層の厚さが厚くなるに従い、下層のヒステリシスの  $H_a$  軸上でのシフト量は小さくなる。磁化反転層の単独のヒステリシスは、実際には有限の飽和磁場を有するため、 $H_{ex}$  が十分に大きくなければ、外部磁場を取り去った状態 ( $H_a = 0$ ) において磁化反転層は完全にもとの向きと反対向きにはなりきらない。具体的には、磁化反転層の飽和磁場以上の  $H_{ex}$  がなくては、磁化反転層の磁気モーメントは外部磁場が取り去られた状態で完全に反転することができない。そのため、 $H_{ex}$  は大きいほうが好ましく、そのためには磁化反転層の厚さが薄い方がよい。

【0022】強磁性層の膜厚が厚すぎる場合は磁気記録層への信号の書き込み・読み取りに悪影響を及ぼすことがある。また、強磁性層の膜厚が薄すぎる場合は、磁気記録層の記録磁化の安定化への寄与が十分で無くなる場合があるので、強磁性層の膜厚は0.2nm以上とすることが好ましい。前記常磁性層と強磁性層は必要に応じて何層でも積層しても構わないが、磁気記録層の記録磁化を安定させる効果は、積層数が多い方が大きくなる。常磁性層を3層以上（常磁性層と強磁性層の合計積層数が6層以上）もつ積層構造とすることが好ましく、常磁性層を10層以上（常磁性層と強磁性層の合計積層数が20層以上）持つ積層構造とすることがより好ましい。

【0023】磁気記録層の磁化の熱安定性に大きな影響を与える磁化反転単位の体積（これは、磁気記録層の体積と常磁性層と強磁性層が積層された積層部の強磁性層体積の合計）が同一である場合（熱安定性が同等である場合）、磁化反転が有効に行われるようにするには、 $H_{ex}$  をできるだけ大きくすればよい。これを達成するためには、常磁性層と強磁性層を積層した積層部中の強磁性層をできるだけ多く分割することで相互作用が有効に働く面をできるだけ増加させた方がよい。

【0024】また、この多層化は、同一熱安定性を持た

と、式1は下記のように書き換えられる。

【0021】

【数2】

せながら交換磁場を有効に働かせるという効果以外に、積層部の強磁性層を分割することで記録再生特性にも有効な働きをもつ。例えば、積層部の層数が4層（強磁性層が2層）で、これら二つの強磁性層がそれぞれ同一の磁気モーメントを持ち、互いに反平行になっているとする。媒体全体の磁気モーメントを測定した場合は、この二層の強磁性層から来る磁気モーメントは十分打ち消されるが、微視的に見た場合はそうはならず、観測点に近い位置の磁気モーメントの寄与が大きくなる。これは、換言すれば観測点から正、負のそれぞれの磁極までの距離の差が無視できなくなるからである。すなわち、ヘッド-媒体間のスペーシングが小さくなればなるほど、この効果は大きな影響を与えることになり、本来打ち消されるべきであるはずの、好ましくない積層部からの漏れ磁束の影響が大きくなる。しかしこの好ましくない漏れ磁束は、積層部の強磁性層がより多層に分割されることで軽減される。その理由は、正負の磁極が短い周期で交互に現れることで、観測点がより磁気モーメントに近づいた場合でも打ち消し効果が十分得られると、説明することができる。

【0025】以上、詳述したように、積層部の強磁性層をより多層に分割することにより、交換磁場の効果や記録再生特性が、より向上する。ただし、積層数が多くなりすぎると、一枚あたりの媒体を製造する時間が長くなりすぎ、実用的ではなくなる場合があるので、必要に応じた積層数を選択するが、常磁性層と強磁性層の合計の積層数が100層以下であることが好ましい。

【0026】磁気記録層に接して常磁性層と強磁性層が交互に積層した積層部を形成する方法としては、通常のスパッタ法を用いることができる。本発明の効果を十分に発揮するためには、各層間への不純物の混入を最小限にし、各層間の界面をきれいな状態にすることが好ましいので、磁気記録層、常磁性層および強磁性層を形成する際は、これらの層をスパッタ装置の同一真空チャンバ内で連続的に成膜することが好ましい。

【0027】本発明においては基板と常磁性層-強磁性層の積層部の間に、Co合金中間層を設けることが好ましい。Co合金中間層は、Cr、Ta、Ti、W、V、Mo、Siの少なくとも1種とCoとの合金が好ましい。これらの元素の含有率は適宜選択すればよく特に制限はないが、通常、20～50原子%程度である。また、数原子%以下程度ならその他のGe、Cu、Zn、窒素、酸素、水素等の元素を含んでもよい。さらに、前記常磁性層-強磁性層の積層部との結晶格子定数を調整する等のために、他の元素を添加してもよい。な

お、このような中間層の膜厚は、1～100nm、特に5～50nmとするのが好ましい。

【0028】また本発明においては、基板とCo合金中間層との間に、純CrまたはCrを主成分とするCr合金層からなる下地層を設けることが好ましい。これは該下地層のCrの結晶構造が、中間層であるCo合金層におけるエピタキシャル結晶成長を良好なものとし、結晶粒子を微細化し且つ結晶面の配向を制御するためである。下地層の膜厚は製造する磁気記録媒体により適宜選択すればよいが、通常1～30nm、特に5～20nmが好ましい。また合金組成としては純Crの他、Co層との結晶マッチングなどの目的でCrにV、Ti、Mo、Zr、Hf、Ta、W、Ge、Nb、Si、Cu、Bなどの第二、第三元素を添加したものや、酸化Crなども含む。中でも純CrやTi、Mo、W、V、Ta、Si、Nb、Zr及びHfを有するものが好ましい。これら第二、第三元素の含有量はそれぞれの元素によって最適な量が異なるが、一般には1～60原子%、好ましくは5～50原子%、さらに好ましくは5～30原子%の範囲である。膜厚は中間層の配向性を発現させ得るに十分なものであればよく、0.1～50nm、中でも0.3～30nm、特に0.5～10nmが好ましい。

【0029】さらには、この下地層と基板との間に、NiAlなどのB2結晶構造の種子層を設けることが好ましい。これは各層の結晶粒子を微細化したり、下地層の好ましいエピタキシャル成長を促進する等のためであり、膜厚は5～500nm、中でも10～200nm、特に30～80nmが好ましい。近年では、耐衝撃性確保の観点から磁気記録媒体基板としてガラスを使用することが多いが、ガラス基板使用の場合は特に、NiAl等の種子層を設けることが好ましい。

【0030】本発明の磁気記録媒体における基板としては、Alを主成分とした例えばAl-Mg合金等のAl合金基板や、通常のソーダガラス、アルミノシリケート系ガラス、結晶化ガラス類、シリコン、チタン、セラミクス、各種樹脂からなる基板など、任意のものを用いることができる。中でもAl合金基板や結晶化ガラス等のガラス基板を用いることが好ましい。

【0031】磁気ディスク製造工程においては、従来公知の方法を適宜用いればよい。一般的にはまず基板の洗浄・乾燥が行われるのが通常であり、本発明において各層の密着性を確保する見地からもその形成前に洗浄、乾燥を行うことが望ましい。本発明の磁気記録媒体の製造に際しては、基板表面にNiP等の金属被覆層を形成することが好ましい場合もある。金属被覆層を形成する手法としては、無電解めっき法、スパッタリング法、真空蒸着法、CVD法など薄膜形成に用いられる方法を利用することができる。導電性の材料からなる基板の場合であれば電解めっきを使用することが可能である。金属被覆層の膜厚は50nm以上あればよい。ただし、磁気記

録媒体の生産性などを考慮すると50～300nmである。

【0032】また、アルミノシリケートガラス、結晶化ガラスなどガラス基板を用いる場合には被覆層として先述のNiAl合金層を成膜するのが好ましい。この場合、被覆層の膜厚は先述のNiAl種子層と同様である。金属被覆層を成膜する領域は基板表面全域が望ましいが、一部だけ、例えばテクスチャリングを施す領域のみでも実施可能である。

【0033】さらに基板表面、又は金属被覆層が形成された基板表面には、記録方向に、例えばディスク基板であれば同心状にテクスチャリングを施すのが好ましい。本発明において同心状テクスチャリングとは、例えば遊離砥粒とテクスチャーテープを使用した機械式テクスチャリングやレーザー光線などを利用したテクスチャリング加工、又はこれらを併用し、円周方向に研磨することによって基板円周方向に微小溝を多数形成した状態を指称する。

【0034】機械的テクスチャリングを施すための遊離砥粒の種類としてはダイヤモンド砥粒、中でも表面がグラファイト化処理されているものが最も好ましい。機械的テクスチャリングに用いられる砥粒としては他にアルミナ砥粒が広く用いられているが、特にテクスチャリング溝に沿って磁化容易軸を配向させるという観点から考えるとダイヤモンド砥粒が極めて良い性能を発揮する。この原因については現在のところ明確にはなっていないが、極めて再現性の良い結果が得られている。

【0035】基板の表面は、表面粗さ(Ra)がどのような値をとっても本発明の効果には基本的には影響はないが、ヘッド浮上量ができるだけ小さいことが高密度磁気記録の実現には有効であり、またこれら基板の特徴のひとつが優れた表面平滑性にあることから、基板表面のRaは1nm以下、さらには0.5nm以下であることが好ましく、中でも0.3nm以下であることが好ましい。ただし、ここでRaの決定は、触針式表面粗さ計を用いて測定した場合を想定している。このとき測定用の針の先端は半径0.2μm程度の大きさのものが使用される。

【0036】一般的には磁気記録層上には、任意の保護層を形成し、次いで潤滑層を形成する。保護層としては、炭素(C)、水素化C、窒素化C、アモルファスC、SiC等の炭素質層やSiO<sub>2</sub>、Zr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiNなど通常用いられる保護層材料を用いることができる。また、保護層が2層以上の層から構成されていてもよい。保護層の膜厚は1～50nm、特に1～10nmであり、耐久性を確保できる範囲でできるだけ薄く設定することが好ましい。潤滑層に用いられる潤滑剤としては、フッ素系潤滑剤、炭化水素系潤滑剤及びこれらの混合物等が挙げられ、通常0.1～5nm、好ましくは1～3nmの膜厚で潤滑層を形成する。尚、本発明の磁気



記録媒体においてはさらに、磁気記録層を2種以上の積層構造としたとしてもよい。

【0037】磁気記録媒体の各層を形成する成膜方法としては任意であるが、例えば直流（マグネトロン）スパッタリング法、高周波（マグネトロン）スパッタリング法、ECRスパッタリング法、真空蒸着法などの物理的蒸着法が挙げられる。又、成膜時の条件としても特に制限はなく、到達真空度、基板加熱の方式と基板温度、スパッタリングガス圧、バイアス電圧等は、成膜装置により適宜決定すればよい。例えば、スパッタリング成膜では、通常の場合、到達真空度は $1 \times 10^{-6}$  Torr以下、基板温度は室温 $\sim 400^\circ\text{C}$ 、スパッタリングガス圧は $1 \times 10^{-3} \sim 20 \times 10^{-3}$  Torr、バイアス電圧は一般的には0 $\sim 500$  Vである。

【0038】成膜に当たっては、磁気記録層のCrの腐食を促進するために、一般に基板を $100 \sim 350^\circ\text{C}$ 程度に加熱することが好ましい。基板加熱は、下地層形成前に行っても良いし、熱吸収率が低い透明な基板を使用する場合には、熱吸収率を高くするため、あらかじめNiP等の金属被覆膜を形成してから、または種子層等を形成してから基板を加熱し、しかる後に下地層や中間層、Co合金磁気記録層を形成してもよい。

【0039】本発明の磁気記録装置は、少なくとも上述してきた磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記録装置である。上述の磁気ヘッドの再生部をMRヘッドで構成することにより、高記録密度を持った磁気記録装置を実現することができる。またこの磁気ヘッドを、浮上量が $0.01 \mu\text{m}$ 以上、 $0.03 \mu\text{m}$ 未満と、従来より低い高さに浮上させることで信号強度をさらに高めることができ、出力が向上して高い装置S/Nが得られ、大容量で高信頼性のある磁気記録装置を提供することができる。また、PRMLによる信号処理回路を組み合わせるとさらに記録密度を向上でき、例えば、トラック密度90 kFTPI以上、線記録密度700 kFTPI以上、1平方インチ当たり60 Gビット以上の記録密度で記録・再生する場合にも十分なS/N比、および記録の熱安定性が得られる。

【0040】

【実施例】以下に実施例を示し、本発明をさらに具体的に説明する。但し、本発明はその要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

（実施例1）ハードディスク用ガラス基板をセットした真空チャンバをあらかじめ $1.0 \times 10^{-5}$  Pa以下に真空排気した。ここで使用したガラス基板はLi強化結晶化ガラスを材質とし、Ra約5 Å、外径65 mm、内径

20 mmである。さらに該基板を約 $250^\circ\text{C}$ に加熱し、種子層である $\text{Ni}_{50}\text{Al}_{50}$ 層（層厚60 nm）、下地層である $\text{Cr}_{94}\text{Mo}_6$ 層（層厚10 nm）、強磁性層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（層厚6 nm）、常磁性層であるRu層（層厚0.8 nm）磁気記録層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（層厚13 nm）、カーボン保護層（層厚0.5 nm）を順次、DCスパッタリング法を用いて積層した。このとき、基板へのバイアス電圧の印加は行わなかった。また、成膜時のアルゴンガス分圧は約 $7.0 \times 10^{-1}$  Paに設定した。カーボン保護層の上にフッ素系潤滑剤（Fonblin Z-Dol 2000：アウジモント社製）の潤滑剤層を形成した。

【0041】作製した磁気ディスクの記録性再生特性を、スピンスタンドを用いて以下の通り評価した。ヘッドとしてアルプス電気社製のGMRヘッドを用い、最高記録周波数（HF）=124.8 MHz、磁気ディスクの回転速度=5400 rpm、記録電流=40 mAで測定を行った。ノイズスペクトルは、HFの2倍の周波数までのものを取り込み、積分強度を周波数平均化することでノイズ電圧を求めた。なお、信号、ノイズともにrms値を取ることでその出力とした。S/N比は、最低記録周波数（LF）の平均出力をノイズ電圧で割ることにより算出した。熱安定性を示す信号減衰率（TD）は、HFの1/2の周波数で書き込んだ信号の強度の、書き込み後1秒後から100秒後の間での減衰率として定義し、求めた。また信号の孤立波の半値幅であるPW50を求めた。

【0042】（実施例2）実施例1において、強磁性層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（6 nm層厚）、常磁性層であるRu層（層厚0.8 nm）を形成するかわりに、強磁性層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（1.5 nm層厚）と常磁性層であるRu層（層厚0.8 nm）を交互に各層を10層づつ（常磁性層と強磁性層の合計で20層）積層した以外は、実施例1と同じ条件で磁気ディスクを作製し、特性を評価した。

【0043】（実施例3）実施例2において強磁性層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（1.5 nm層厚）と常磁性層であるRu層（層厚0.8 nm）を交互に各層を8層づつ（常磁性層と強磁性層の合計で16層）積層した以外は、実施例2と同じ条件で磁気ディスクを作製し、特性を評価した。

【0044】（比較例1）実施例1において、強磁性層である $\text{Co}_{66}\text{Cr}_{20}\text{B}_6\text{Pt}_8$ 層（6 nm層厚）、常磁性層であるRu層（層厚0.8 nm）を形成しなかった以外は、実施例1と同じ条件で磁気ディスクを作製し、特性を評価した。実施例1～3および比較例1で作製した磁気ディスクの評価結果を表1に示す。

【0045】

【表1】



表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例 1
信号出力 (mV)	0.93	0.91	0.93	0.93
S/N (dB)	24.5	24.7	24.6	24.6
PW50 (nsec)	16.2	14.6	14.8	15.1
TD (dB/decade)	-0.06	-0.02	-0.06	-0.13

【0046】上記表1の結果から明らかなように、磁気記録層に接して常磁性層と強磁性層が交互に積層された積層部を設けた実施例は、比較例にくらべて出力減衰率TDがよくなっており、記録磁化の熱安定性のよい磁気ディスクが得られていることがわかる。

【0047】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、記録された磁化の安定性に優れた磁気記録媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の層構成の一例を示す図である。

【図2】図2は本発明の層構成の一例を示す図である。

【図3】図3は磁気的反平行結合が働いている時の磁化反転層のヒステリシスループの一例を示す図である。

【図4】図4は常磁性層の遍歴電子系のスピンド分布を示す図である。

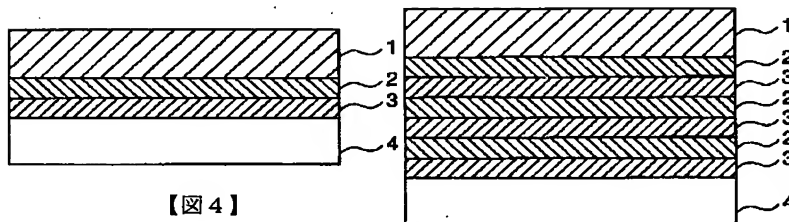
【符号の説明】

- 1 磁気記録層
- 2 常磁性層
- 3 強磁性層
- 4 基板
- 5 第1ピーク

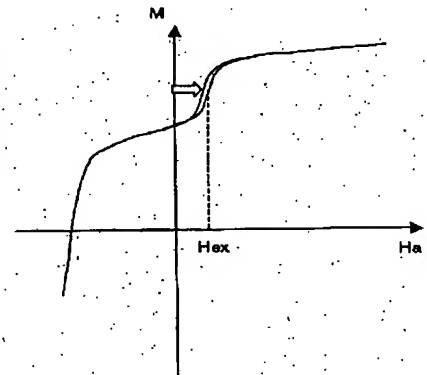
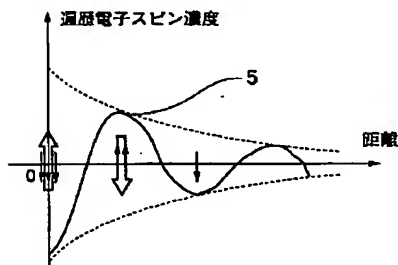
【図1】

【図2】

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H O 1 F 10/32

識別記号

F I

H O 1 F 10/32

テーマコード (参考)